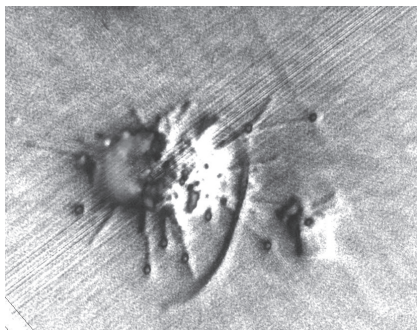


A DUNA PLANKTONJÁBAN TALÁLHATÓ KISMÉRETŰ
PROTOZOONOK ALKOTTA KÖZÖSSÉGEK
MENNYISÉGI ÉS DIVERZITÁSVISZONYAI, KÜLÖNÖS
TEKINTETTEL A HETEROTRÓF OSTOROSOKRA

Doktori értekezés tézisei

Kiss Áron Keve



Eötvös Loránd Tudományegyetem, Környezettudományi Doktori Iskola,
Környezetbiológia program, Budapest

Doktori Iskola vezetője: Prof. Dr. Kiss Ádám, a biológiai tudományok doktora

Programvezető: Prof. Dr. Kiss Keve Tihamér, a biológiai tudományok doktora

Témavezető: Prof. Dr. Ács Éva, a biológiai tudományok kandidátusa

Konzulens: Dr. Török Júlia Katalin, Ph.D., adjunktus

Magyar Tudományos Akadémia, Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete

Magyar Dunakutató Állomás, Göd

2009

I. Tudományos előzmények, a kutatás célkitűzései

Az elmúlt két és fél évtizedben a heterotróf ostoros egysejtűek vizsgálata széles körben elterjedt és nagy lépésekkel halad előre. A heterotróf ostorosok anyagforgalmi jelentőségének felismeréséhez nagyban hozzájárult a mikrobiális hurok leírása. A mikrobiális hurok a klasszikus vízi herbivor tápláléklánc mellett működő anyagforgalmi hurok, mely a fitoplankton által kiválasztott oldott szerves anyagot fogyasztó baktériumpopuláció termelését a heterotróf ostorosokon át vezeti a csillósok, kerekesszék, majd a magasabb trofikusszintek felé. Ezen jelenség felismerésének, és az epifluoreszcens mikroszkópia térhódításának köszönhetően elterjedt a heterotróf ostorosok mennyiségi vizsgálata, mely ma már minden komoly mikrobiális táplálékhálózatot, vagy vízi ökoszisztémát leíró kutatásnak része kell legyen. Az utóbbi évtizedben mindinkább egyértelmű, hogy a heterotróf ostorosok nem alkotnak összevont egységként kezelhető funkcionális csoportot, nagy fajgazdagságuk mellett nagy funkcionális diverzitás is jellemzi őket. Az utóbbi másfél évtizedben a heterotróf ostorosok diverzitásának vizsgálata és az új fajok fénymikroszkópos leírása új lendületet vett néhány kutató iskolateremtő munkássága nyomán. Az elmúlt néhány évben, a molekuláris filogenetika térhódítása óta, a legteljesebb fajleírások a fajok ostoreredésének feltárására fókuszáló ultrastrukturális vizsgálatokat, és elsősorban a 18S rDNS szekvenciát is tartalmazzák. A molekuláris filogenetika segítségével feltárt filogenetikai fajok olykor nem felelnek meg az elsősorban fénymikroszkóppal leírt morfofajoknak. A fénymikroszkópos diverzitásvizsgálatok mellett a molekuláris ökológia eszköztárát is felhasználják a mikrobiális diverzitás kutatására. A módszertanilag és irányzatokban is erősen diverzifikálódó tudományterületen azonban körvonalazható néhány jelentős gyakorlati vetülettel is bíró kérdéskör.

Az utóbbi években a diverzitásvizsgálatok széleskörű elterjedésével párhuzamosan az egysejtűek fajgazdagságának és biogeográfiájának vizsgálata is népszerűvé vált. Ezen a területen két alapvető, eltérő térbeli skálára vonatkozó kérdéskör az egysejtűek lokális fajgazdagságára és globális elterjedési viszonyaira, biogeográfiájukra vonatkozik. A lokális fajdiverzitás kérdése lényeges mind gyakorlati természetvédelmi szempontból, mind pedig a funkcionális diverzitás – ökoszisztéma stabilitás összefüggésének szemszögéből. Az egysejtűek biogeográfiájának megismerése pedig segít megbecsülni a bioszféra teljes fajszámát és megismerni a speciáció folyamatait. Mindkét utóbbi kérdés alapvetően befolyásolja a gyakorlati ökológiai vizsgálatok módszertanát, az elérhető és a feltett kérdés megválaszolásához szükséges taxonómiai felbontást és a következtetések általánosíthatóságát.

A heterotróf ostorosokra egyetlen kurrens biogeográfiai modellt írtak le, a kozmopolita elterjedés modelljét.

Az eukarióta mikrobiális közösségek szerepe a vizek tápanyagforgalmában és a vízminőség kialakításában meghatározó, ezen folyamatokban a heterotróf ostorosok jelentékeny mértékben részt vesznek. A nagy folyók vízminősége gyakorlati, társadalmi szempontból is kulcskérdés, hiszen világszerte emberek millióinak szolgálnak ivóvízforrásként, üdülési, hajózási, szennyvízelvezetési, stb. céljaikról nem is beszélve. Mindezek ellenére a nagy folyók heterotróf ostoros közösségeiről meglehetősen kevés ismeretünk van. Több mennyiségi vizsgálat és néhány meglehetősen régi faunisztikai adat mellett modern koncepciójú kutatások alig történnek, a nagy folyók heterotróf ostoros diverzitásáról pedig jóformán alig tudunk valamit.

A jelen dolgozatban megvizsgáljuk a heterotróf ostorosok mennyiségének változását a Duna planktonjában egy egyéves periódus során, összefüggéseket tárunk fel az ostorosok és táplálékszervezeteik mennyiségének változásával, és megállapítjuk anyagforgalmi szerepüket összehasonlítva más egysejtűekkel. Kidolgozunk továbbá egy módszert a kisméretű heterotróf egysejtűek diverzitásának vizsgálatára, mellyel meghatározzuk egy időpontban a kisméretű egysejtűek, kiemelten a heterotróf ostorosok lokális fajgazdagságát és funkcionális diverzitását.

A következő kérdésekre keressük a választ:

1. Hogyan változik a főbb heterotróf ostoros csoportok mennyisége évszakonként?
2. Vannak-e összefüggések a heterotróf ostorosok és táplálékszervezeteik mennyiségének változása között?
3. Milyen szerepet töltenek be a heterotróf ostorosok a Duna planktonjának anyagforgalmában?
4. Milyen heterotróf ostoros fajok alkotják a plankton faunáját a Dunában?
5. Mekkora a kisméretű ($<30\ \mu\text{m}$) heterotróf eukarióták, köztük a heterotróf ostorosok lokális fajgazdagsága a planktonban?
6. Mi jellemző a heterotróf ostorosok helyi funkcionális sokféleségére?

II. Vizsgálati módszerek

A főbb ostoros csoportok mennyiségének vizsgálatához Gödön (1668. fkm.), a Duna főágának bal oldalán, a parttól 10 m-re gyűjtöttünk mintákat 2004. november közepe és 2005. november eleje között, kétheti rendszerességgel. A heterotróf nanoflagelláták vizsgálatához merített, telített higany(II)-kloriddal rögzített mintát vettünk. A nagyobb méretű ostorosok és

a többi protozoon vizsgálatához 5 l vizet szűrtünk át 10 μm lyukbőségű planktonhálón, hasonló módon rögzítve azt. A baktériumszámláláshoz merített, glutaraldehiddel rögzített mintát gyűjtöttünk. A protozoonok számlálása Utermöhl-féle ülepítő kamrában fordított mikroszkóppal történt, a baktériumokat fluoreszcens festés után epifluoreszcens mikroszkóppal számoltuk.

Az anyagforgalmi modell elkészítésénél a biomassa adatokat egyedi sejtméretek alapján, 70%-ra történő zsugorodást feltételezve számítottuk. A növekedési rátákat és a bruttó növekedési hatékonyságot irodalmi adatokból vettük. A potenciális produkciót a biomassa és a növekedési ráta szorzataként, a potenciális fogyasztást pedig a potenciális produkció és a bruttó növekedési hatékonyság hányadosaként számítottuk ki. A táplálékpreferenciák és az elfogyasztható táplálék méret figyelembe vételével minden fajra kiszámítottuk, hogy melyik kompartmentből (táplálkozási csoportból) mennyit fogyaszt. A kompartmentek közti szén fluxusok a fajonként számított fogyasztásokat összeadva készültek. A táplálkozási csoportok közötti szén fluxusok arányainak megállapításánál elsősorban a rendelkezésre álló táplálék biomassa arányait vettük alapul. A táplálkozási kapcsolatok vizsgálatkor korreláció analízissel elemeztük a trofikus viszony potenciális résztvevőinek biomasszái közti összefüggést (Statistica programcsomag).

A lokális diverzitás vizsgálatára a következő új módszert dolgoztuk ki: Egyetlen planktonmintát gyűjtöttünk 2008 márciusában Gödön, Duna főágának bal partján. Ötven liter vizet (5 merítés vödörrel) szűrtünk át egy 10 μm -es planktonhálón, 150 ml szűrési maradékkal. A mintát egy 15 cm átmérőjű lapos üvegtálba öntve többletdúsítás nélkül állni hagytuk. Kisebb kihagyásokkal 37 napig követtük az edényben zajló mikrobiális szukcessziót, napi 8 vizsgálati óra során. A felkeverés után vett almintákat nagyfelbontású inverz mikroszkópban egy fedőlemez aljú mikroakváriumban vizsgáltuk, erőteljes Nomarski-DIC kontrasztosítást alkalmazva. A legnagyobb abundanciájú fajok kivételével minden egyedről videofelvételt készítettünk. Az analóg CCD kamera jelét digitalizálva számítógép merevlemezére rögzítettük a felvételt. A funkcionális diverzitás vizsgálata során négy forrásváltozó mentén mértük meg a fajok forráshasznosítását, ezzel különböző realizált niche-be tartozó funkcionális csoportokat tártunk fel. A forráshasználat módját figyelembe vévő további három változó alapján pedig további guildek váltak elkülöníthetővé. 2008 júniusában egyetlen mintában egy minden eukarióta mikrobára kiterjedő vizsgálatot végeztünk. Az alga és mikrometazoon mintákat rögzítettük, a protozoonoknál a fent leírt módszert alkalmaztuk.

III. Új tudományos eredmények

1. A vizsgált évben a heterotróf ostorosok abundanciájának és biomasszájának lefutása egy januári, egy júniusi és egy októberi-novemberi kettős csúcsot mutatott. Az egyedszám $0,27-7,8 \cdot 10^6$ ind. l^{-1} között, a biomassa $0,019-0,58 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ között változott. Az egyedszám átlagosan 99,7%-át a nanoflagelláták alkották. A nyári és őszi időszakokban a mikroflagelláták (elsősorban a nagy chrysomonadidák és a *Collodictyon triciliatum*) a biomassa jelentős részét tették ki, 53%-os maximális részesedéssel. A legfontosabb csoport a chrysomonadidák voltak, melyek az egész év folyamán az egyedszám jelentős részét alkották. A kinetoplasztidák is jelen voltak egész évben, de sosem értek el nagy egyedszám részesedést. Nyári és őszi csúcsok jellemzik a choanoflagellátákat és a bicosoecidákat.

2. A baktériumok és a nanoflagelláták biomasszájának változása nem mutat szignifikáns korrelációt. A nanoflagelláták biomasszája negatív korrelációt mutat a vízhozammal, az áradások hatására egyedszámuk lecsökken. A Thalassiosiraceae családba tartozó planktonikus kovaalgák és az alzatra tapadó bicosoecidák és choanoflagelláták egyedszáma közt szignifikáns korreláció tapasztalható. A nagy chrysomonadidák és táplálékalgáik, illetve a *Collodictyon triciliatum* és táplálékalgáik biomasszája pozitív korrelációt mutat. A tavasz végi – nyár eleji csökkenő vízállású meleg időszakban a nagy algaprodukcióna jelentős fogyasztó protozoon populációk épültek, melyek a szukcesszió során nagyon gyorsan szaporodtak el és omlottak össze. Az algaszám az időszak végére csökkent, a baktériumpopuláció egyedszáma és átlagos mérete a tintinnidák eltűnésével megnőtt.

3. A heterotróf ostorosok a legnagyobb biomasszájú protozoon csoport a júniusi időszak kivételével. A fitoplankton biomassa közel egy nagyságrenddel meghaladta a protozoon biomasszáét az év során, mely alól csak a téli időszak volt kivétel, amikor a nanoflagelláták biomassa meghaladta az algabiomasszáét. A különböző élőlénycsoportok mennyiségének eloszlása alapján megkülönböztethetünk egy téli időszakot és egy tenyészidőszakot. A téli időszak a vizsgált évben novembertől áprilisig tartott, kis fitoplankton és csillós biomassa és viszonylag nagy heterotróf ostoros biomassa jellemezte. A májustól novemberig tartó tenyészidőszakot nagy fitoplankton biomassa, nagy csillós biomassa és nagy ostoros biomassa jellemezte. A heterotróf ostorosok mikrobiális táplálékhálózatban betöltött szerepéről az év során a következők állapíthatók meg: A nanoflagelláták a planktonban lebegő baktériumok mellett más fontos szénforrásokra is támaszkodnak. A téli időszakban a vizsgált kompartmentek közül a nanoflagelláták a legnagyobb termelésű csoport, a herbivor táplálékhálózat szerepe elhanyagolható a mikrobiális hurok mellett. A tenyészidőszakban a

fitoplankton a legnagyobb termelésű csoport. A mikrobiális hurok mellett a herbivor táplálékhálózat is jelentős szénforgalmi szerephez jut, a szukcesszió állapotától és a populációdinamikától függően egyik vagy másik táplálékhálózat-rész bonyolíthat nagyobb szénforgalmat. Az elsődleges termelésnek gyakran csak igen kis hányadát, de alkalmanként nagyobb részét (56%) is elfogyasztják a mikrobiális táplálékhálózat fogyasztói. A mikrobiális hurok legnagyobb termelésű csoportja tenyésztőszakban is a nanoflagelláták, a herbivor táplálékhálózat legnagyobb termelésű fogyasztói pedig az algivor csillósok és a mikroflagelláták.

4. Vizsgálataink során összesen 213 magyar faunára új protozoon fajt találtunk, ebből 163 ostorost. A Dunából 417 protozoon fajt mutattunk ki, összesen 211 ostorost. Feltehetően 82 ostoros, 3 csupasz amőba, 8 házas amőba, 1 napállatka és 3 csillós új a tudományra nézve. Az identifikált ostorosok közül 13 első édesvízi előfordulást találtunk, az összes ostoros faj tekintetében 118 új folyóvízi előfordulást, a Duna faunájára pedig 166 új fajt mutattunk ki.

5. A 2008. márciusi mintában összesen 130 heterotróf ostorost és egyéb heterotróf nano/pikoeukarióta fajt, 28 csupasz amőbát, 11 kisméretű házas amőbát és 14 napállatkát, összesen 183 30 μm alatti heterotróf egysejtű fajt találtunk. A talált ostoros fajok 44%-a, összesen 57 faj tudomásunk szerint nincs leírva. Találtunk továbbá 6 nem leírt házas amőba, 2 csupasz amőba, 1 napállatka (pseudoheliozoa) és 1 új csillós fajt is. A vizsgálati napok során talált, a mintára új fajok kumulatív görbéje nem telített, az utolsó napon is került elő a mintára új faj. Az egy nap alatt talált fajok száma, a Shannon-diverzitás, és az összesen egy illetve két példányban megtalált fajok eloszlása alapján a szukcesszió első hetében volt a legnagyobb a diverzitás, főleg az első négy napon. A teljes időszak összes előfordulását egyesítő rang-abundancia görbének hosszan elnyúló kifutása van, a ritka fajok aránya igen nagy. A vizsgálati időszakban 48 faj mindössze egyetlen, további 23 faj pedig két példányban került elő. A 2008. júniusi, minden eukarióta mikrobacsoportra kiterjedő vizsgálat eredményeit is figyelembe véve egyetlen planktonmintában 139 alga, 4 gomba, 183 kisméretű protozoon, 7 nagy házas amőba, 25 csillós és 21 mikrometazoon, összesen 379 eukarióta mikroba faj volt kimutatható. Ha a fajszám – előfordulási gyakoriság görbék elejét extrapoláljuk az ordináta metszéspontra, a becsülhető összesített fajszám egyetlen mintában 765.

6. A 2008. márciusi mintában talált ostorosok között 2 ozmotróf faj van, 38 faj a víztestből, 91 pedig a felületről szerzi táplálékát. A víztestből táplálkozóak táplálékmerete 0,01-20 μm közötti, a felületről táplálkozóké pedig 0,2-48 μm közötti sávot fed le, folyamatos átmenettel a mérettartományok között. A víztestből táplálkozó fajok úszási sebességének és áramlási mezijük sebességének hányadosa alapján a nulla értékeknél levő szuszpenzió evők és az

egyhez közeli értékeknél levő szabadon úszó ragadozók között átmeneti csoportot képviselnek a kisméretű chrysomonadidák, a nagy *Spumella* fajok és a *Collodictyon*. A felületről táplálkozóknál a billegés / ostorcsapás frekvenciáját az ostoros sebességének függvényében felvéve elkülöníthetők a nem billegve kúszó fajok, egy billegő és kúszó csoport, ahol a kúszás sebességével a billegés frekvenciája nő, és a nagyon gyorsan billegő / csapkodó, de igen lassan kúszó fajok. Ez utóbbi viselkedés előnyös volta nehezen értelmezhető, a táplálékszerzéshez diffúziós hatások szükségesek. Az ostorcsapások hajtóerejének és a kúszó ostor hajtóerejének feltételezhető arányát a sebességgel összefüggésben vizsgálva megállapítható, hogy a felületről táplálkozó fajok kétharmadát elsősorban a kúszó ostor kifejtette erő viszi előre. A csapkodó ostor ereje segítségével mozgó fajok közül a $15\ \mu\text{m/s}$ -nál gyorsabbak a kúszó ostoruknak csak a hátsó részén érintkeznek a felülettel, a $30\ \mu\text{m/s}$ -nál gyorsabbak pedig csak legfeljebb időlegesen érnek ostorukkal a felülethez. A legkisebb és leghalványabb kúszó fajok képesek a felület legalaposabb átvizsgálásával a legkisebb és legmélyebben felületek közé ékelte baktériumok megtalálására. Az úszó fajoknál bár kontakt érzékelés csak a felülethez való ütközéskor / leszálláskor történik, nagy hatékonysággal találhatják meg a táplálékban gazdag foltokat (pl. baktérium kolóniák). Az eltérő forráshasználat alapján az ostorosok legalább 15 különböző realizált niche-csoportba tartoznak, a forráshasználat módja szerint tovább bontva pedig 27 különböző guild különíthető el.

IV. Következtetések

1. A jelen vizsgálat során talált minimális és maximális abundancia és biomassa értékek a többi folyóban talált értékek középső tartományába esnek. Az ostorosok mennyiségének lefutása meglehetősen változatos a különböző folyókban. Eredményeink egybeesnek azzal a feltételezéssel, hogy a nagy heterotróf ostoros taxonómiai csoportok aránya nagyfokú hasonlóságot mutat a különböző édesvízi élőhelyeken. Korábbi dunai adatokkal összevetve feltételezhetjük, hogy az ostorosok száma csökkent a Dunában az utóbbi másfél évtizedben. A korábbi és a jelenlegi vizsgálatokban talált késő tavaszi és októberi csúcsok valószínűleg megfeleltethetők egymásnak. Mindkét maximum egybeesik az azévi fitoplankton csúcsokkal, és elképzelhető, hogy egy, a Dunára jellemző általános jelenséget mutatnak.

2. A baktériumok és nanoflagelláták biomasszája közti szignifikáns korreláció hiánya egybevág a GASOL és VAQUÉ által megfogalmazott „csatlós hiánya” (lack of coupling) hipotézissel, mely igen sok, tavakból és folyókból származó irodalmi adatot összegyűjtve gyenge korrelációt állapít meg a baktériumok és nanoflagelláták egyedszáma közt. Az

ostorosszám negatív korrelációja a vízhozammal egybevág a dunai csillósoknál és algáknál szerzett tapasztalatokkal, de ellentmond a rajnai ostoros vizsgálatoknak. A vízhozam változása feltehetően egy alapvető korlátozó kényszerfeltétel a heterotróf ostorosok számára. A gyors tavasz végi – nyár eleji szukcessziós eseményeket elemezve elmondható, hogy az egyes populációk számosságát ezekben a nyugodtabb vízjárású időszakokban elsősorban biotikus, trofikus kapcsolatok határozzák meg. Az azonos trofikus szinten levő fogyasztók között feltételezhetően kompetíció van, az egyik populáció összeomlása lehetővé teszi egy másik, hasonló forrást használó populáció elszaporodását. Az alsóbb szintek jelentős felülről jövő kontroll alatt állnak. A szukcesszió során észlelhető populáció összeomlások egy része nem magyarázható trofikus kapcsolatokkal a vizsgálatban alkalmazott időbeli felbontás mellett. A Dunában észlelt tavasz végi és őszi algacsúcsok és a ráépülő fogyasztók megfeleltethetők a mérsékelt övi tavak tavaszi és őszi fitoplankton – fogyasztó csúcsainak. A dunai téli nanoflagellátákra épülő peritricha-hymenostomatida közösségnek és a télvégi, fogyasztók által nem kontrollált Centrales virágzásnak nincsenek tavi megfelelői. A Dunában lezajló szezonális szukcesszió időzítése és az abundáns populációk a tavakkal összehasonlítva feltehetően kevésbé állandóak, az évszakos dinamikát jelentősen befolyásolja a vízhozam.

3. A heterotróf ostorosok kiemelkedő fontosságú fogyasztó szervezetek a Duna planktonjában. Télen a vizsgáltak közül a nanoflagelláták a legnagyobb termelésű eukarióta élőlénycsoport a Dunában. A tenyésztidőszakban a nanoflagelláták az egyik legnagyobb termelésű fogyasztócsoport az algivor csillósok és a mikroflagelláták mellett. A mikroflagelláták egyes időszakokban a legfontosabb algivor fogyasztók. Eredményink, és az eddig rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján elmondható, hogy az eddig vizsgált folyókban a heterotróf ostorosok néhány nagy abundanciájú tenyésztidőszaki csillós és metazooplankton populáció kivételével a legfontosabb planktonikus fogyasztó szervezetek. A tenyésztidőszakban olykor legnagyobb algafogyasztást képviselő nagy chrysomonadidák taxonómiai helyzete bizonytalan és tisztázatlan. A Dunában a tenyésztidőszak egyes időpontjaiban az elsődleges termelés nagyobb része közvetlenül elfogyasztásra kerül, ez a fogyasztók fontos kontrolláló szerepét hangsúlyozza a táplálékhálózatban. A nanoflagelláták termelése meghaladja a vizsgált baktériumok termelését, az ostorosok a szabadon lebegő baktériumok mellett táplálkozhatnak ultramikrobaktériumokkal, pehelyképző baktériumokkal, aggregátumra tapadt baktériumokkal, bakteriális poliszachariddal, detritusszal, oldott szerves anyaggal és eukariótákkal (algák, gombák, ostorosok).

4. A folyókból eddig kimutatott ostoros fajok száma, és a vizsgálataink során a Dunában talált ostorosok összesített fajszáma feltételezhetően messze nem tükrözi az adott folyók

ostoros diverzitását. A sok folyóvízre és a Duna faunájára új faj részben a magyarországi heterotróf ostoros vizsgálatok hiányára, részben pedig globálisan is az édesvízi heterotróf ostorosok modern szemléletű vizsgálatának hiányára világít rá.

5. A 2008. márciusi egyetlen mintában talált 131 faj lényegesen meghaladja az eddigi ostoros diverzitásvizsgálatokban kimutatott fajszámokat. Mivel sem a mintavételi helyszín sem az időpont nem különleges, feltehető, hogy ez a hatalmas diverzitás tipikus jelenség, csak az eddigi módszerek segítségével nem volt kimutatható. Új vizsgálati módszereinkkel az alul észleltséget tudtuk csökkenteni (a mintában van a faj, de nem vesszük észre) a következő okok miatt: 1. Természet közeli, dúsítás nélküli körülmények. 2. A jó optikai elrendezés lehetővé tette elektronmikroszkóppal látható részletek tanulmányozását. 3. Videofelvételt készítettünk minden érdekes példányról, ami lehetővé tette utólag az egyedek tanulmányozását. 4. A hosszú vizsgálati periódus. Az alul-észleltség csökkentéséhez valószínűleg a videomikrográfiai technika és a hosszú észlelési idő járult hozzá legjobban. A ritka heterotróf ostoros fajok aránya meghaladja a júniusi mintában talált ritka algafajok, illetve irodalmi adatok alapján az eukarióta klónkönyvtárakban talált ritka fajok arányát. A feltáruló „ritka protista bioszféra” és a rang abundancia diagramok hosszan elnyúló farka új perspektívát jelent a mikrobiális eukarióta diverzitásra vonatkozó ismereteinkben. A dunai vizsgálatban talált új fajok aránya (44%) nagynak számít mind az eddigi ostoros taxonómiai vizsgálatok, mind csillós taxonómiai vizsgálatok során előkerülő új fajok arányához képest. Eredményeink alapján az alábbi fontos következtetéseket vonhatjuk le: 1. A heterotróf ostorosok lokális fajszáma sokkal nagyobb, mint amit az eddigi kutatások feltártak. 2. Az új fajok nagy aránya kevésbé támogatja a kozmopolita elterjedés elméletét. 3. A morfofajok globális száma jóval nagyobb lehet, mint gondoltuk, édesvízi élőhelyeken nagyon sok leíratlan morfofaj van még. 4. Nagy folyókban, az abundáns fajok mellett egy hatalmas, ritka fajok alkotta háttérdiverzitás található. A morfológiai módszerrel feltárt diverzitás meghaladja a molekuláris klónkönyvtárak segítségével feltárt, lokális eukarióta diverzitás mértékére vonatkozó eddigi ismereteinket. Az 50 liter dunavízben megtalált közel 400 eukarióta faj a mikrobiális eukarióta diverzitás új távlatait nyitja meg előttünk. Ezen új paradigma szerint el kellene fogadni, hogy rengeteg új morfofaj van még, bármilyen vizsgálat során találhatunk új fajokat, és az ostoros diverzitás nagyságrendekkel nagyobb annál, mint a hagyományos módszerekkel, dúsítási tenyészetekben előkerülő néhány-néhány tíz abundáns faj.

6. A feltárt igen jelentős funkcionális diverzitás változó körülmények között jelenthet egy olyan sokféleségbázist, melyből merítve az ökoszisztéma legfontosabb funkcionális kompartmentjei a fajok hasonló funkciójú fajra való kicserélődésével helyre állhatnak, és a

biogeokémiai folyamatok zavartalanul működhetnek tovább. A nagy ostoros diverzitást magyarázhatja a sokféle, egymással kevésbé versengő funkcionális csoport, és felületről táplálkozóknál az élőhely heterogenitása, mely megnyilvánulhat az aggregátumok véletlenszerű kolonizációjában, az aggregátumok sokféleségében és az aggregátumok időbeli változásában. A korlátozó kényszerfeltételek hiánya és a heterogén környezet miatt, az abundáns populációk mellett rengeteg ritka faj is túlélhet a planktonban. A bentossal, mint folyamatos fajforrással, és a fajok hosszan tartó planktonikus egzisztenciájának lehetőségével a folyami plankton hatalmas heterotróf mikrobiális eukarióta diverzitást képes fenntartani.

V. Az értekezés témaköréből készült publikációk jegyzéke (cikkek, absztraktok)

- Kiss Áron Keve** (2007): A heterotróf egysejtű közösség éves változása és szerepe a Duna planktonjának anyagforgalmában. – Hidrológiai Közöny 87:159-162
- A. K. Kiss, K. T. Kiss, E. Ács** (2007): Food selection and feeding strategies of Protozoa in plankton of River Danube. – V. European Congress of Protistology, St-Petersburg, Russia, Protistology 5: 41
- A. K. Kiss, J. K. Torok, K. T. Kiss, E. Ács** (2007): Protozoan community in plankton of River Danube: temporal dynamics, trophic interactions and role in microbial food web. – V. European Congress of Protistology, St-Petersburg, Russia, Protistology 5: 42
- Kiss Áron Keve** (2008): A dunai heterotróf ostoros közösség táplálkozási stratégiái: funkcionális diverzitás és niche szegregáció. – Hidrológiai Közöny 88: 87-90
- Kiss, Á. K., Ács, É., Bolla, B., Tóth, A., Tóth, B., Kiss, K. T.** (2008): Diversity of eukaryotic microorganisms (algae, protozoa, rotifers and microcrustacea) in the River Danube at Göd (Hungary). Limnological Reports. Proceedings of the 37th International Conference of IAD, Chisinau, Moldova. 35: 113-117
- Áron Keve Kiss, Éva Ács, Keve Tihamér Kiss** (2008): Rare and likely new heterotrophic flagellate species in plankton of River Danube. – 27. Jahrestagung der Deutsche Gesellschaft für Protozoologie, Tagungsprogramm p. 58
- Kiss, Áron Keve; Ács, Éva; Kiss, Keve Tihamér** (2009): The Local Diversity of Heterotrophic Nanoeukaryotes has been Underestimated: A Case Study in the River Danube with Emphasis on Heterotrophic Flagellates. – 28. Wissenschaftliche Tagung der Deutsche Gesellschaft für Protozoologie, Universität Leipzig p. 43
- Kiss, Áron Keve; Török, Júlia Katalin; Ács, Éva; Kiss, Keve Tihamér** (2009): New Testate Amoeba Species from the Plankton of the River Danube. – 28. Wissenschaftliche Tagung der Deutsche Gesellschaft für Protozoologie Universität Leipzig p. 21
- Áron Keve Kiss, Éva Ács, Keve Tihamér Kiss, Júlia Katalin Török** (2009): Structure and seasonal dynamics of the protozoan community (heterotrophic flagellates, ciliates, amoeboid protozoa) in the plankton of a large river (River Danube, Hungary). – European Journal of Protistology 46 (in press) doi:10.1016/j.ejop.2008.08.002 **IF: 1,729**
- Áron Keve Kiss, Júlia Katalin Török, Éva Ács, Keve Tihamér Kiss** (2009): *Pseudodiffugia klarae* nov. spec., *Bereczkya minuta* nov. gen. nov. spec. and *Paramphitrema muelleri* nov. spec.: three new filose testate amoebae from the plankton of the river Danube. – Acta Protozoologica 28/2 (in press) **IF: 1,226**
- Kiss Áron Keve, Ács Éva, Kiss Keve Tihamér** (2009): Váratlan heterotróf nanoeukarióta diverzitás a Duna planktonjában. – Hidrológiai Közöny (leadott cikk)